

# Kansainvälinen state-of-art-selvitys rakennusalan BIM-käytännöistä

Ari-Pekka Manninen Sami Kärnä

# **Kansainvälinen state-of-art-selvitys rakennusalan BIM-käytännöistä**

**Ari-Pekka Manninen**

**Sami Kärnä**

Aalto yliopisto  
Rakennustekniikan laitos  
BES-tutkimusryhmä

## Tiivistelmä

Tämä selvitys on osa RYM SHOK:in PRE-ohjelmaa ja sen FINBIM-työpakettia. Selvityksen tarkoituksena on antaa yleiskuva tietomallintamiseen liittyvästä kansainvälisestä tutkimuksesta. Selvityksen tutkimusaineisto koostuu Kairossa 16–19.11.2010 pidetyn CIB W78 konferenssin artikkeleista, jotka käsittelevät tietomallintamista. Tutkimus sisältää yhteenvedon, jossa on tiivistetty artikkeleiden keskeinen asiasisältö ja pohditaan niiden kontribuutiota FINBIM-työpaketin mallintamiseen liittyvään tutkimus- ja kehitystyöhön sekä mallipohjaisiin hankintamenetelmiin.

Selvityksessä havaittiin, että tieteellisellä tasolla käydään hyvin rajoitetusti keskustelua tietomallipohjaisista hankinnoista. Tämän lisäksi infra-toimialaan ja tietomallintamiseen (BIM) keskittyvää kirjallisuutta on tuotettu kansainvälisesti varsin niukasti ja usein artikkelit painottuvatkin tietomallintamisen teknologisiin kysymyksiin ja sen tuomiin haasteisiin. Tutkimuksessa havaittiin myös, että tietomallintamiseen liittyvää tutkimusta tulisi suunnata koko elinkaaren hallinnan ympärille, sen sijaan että keskityttäisiin vain johonkin tiettyyn osa-alueeseen, kuten esimerkiksi suunnittelun ja rakentamisen integroimiseen. Kokonaisvaltaisempi lähestymistapa tietomallintamisen hyödyntämiseen voi tehostaa rakentamisen eri osapuolten välistä yhteistyötä. Holistista näkökulmaa korostaa esimerkiksi Lairesin (2007) määritelmä tietomallintamisesta, jonka mukaan BIM:n suurin vahvuus ja arvo tulevat juuri sen monipuolisista ominaisuuksista luoda arvoa sen käyttäjille ja koko toimitusketjulle rakennetun ympäristön elinkaaren eri vaiheissa.

Selvityksessä pohditaan artikkeleiden kontribuutiota mallipohjaisille hankinnoille ja alan tutkimukselle neljän teeman kautta, joita ovat: (1) BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit, (2) opetus ja koulutus (3) johtaminen ja hankinnat sekä (4) mallintaminen ja suunnittelu. Selvityksen asiasanat ja niiden luokittelu aiheen mukaan auttaa kehittäjiä ja tutkijoita löytämään relevanttia aineistoa työnsä tuekseen.

Selvityksen tuloksena voidaan todeta, että mallipohjaiset menetelmät, toimintatavat ja työkalut tuovat mukanaan infra-toimialalle merkittävän muutoksen. Teknologisten kysymysten rinnalla on syytä tarkastella usealla eri tasolla toimialan muutoksen johtamista ja henkilöstön kehittämistä vastaamaan muutoksen tuomiin tulevaisuuden haasteisiin.

## **Abstract**

This report summarizes the results of the CIB W78-conference which was held at Cairo 16th-19th of November 2010. The special focus of the report is Building Information Modeling (BIM), procurement methods, and their multidisciplinary utilization for the infrastructure sector. The report and its results are part of Built Environment Process Re-engineering (PRE) research program which is controlled by Finnish RYM SHOK industry and research institute consortium.

The purpose of the report is to be a guide and an instrument for the BIM development and research work. The glossary of the report assists developers and researchers to find relevant support material for their work and tasks.

The find of the report shows that academic discussion concerning BIM based procurement or infrastructure are confined. The academic discussion is focused on the BIM technology and its utilization challenges. Moreover, this report argues the discussion is concerned on the life-cycle management instead of the particular project stage. The wide life cycle approach assists the collaboration of stakeholders and emphasizes holistic perspective.

The report discusses how the conference articles contribute with BIM based procurement and research. The discussion is based on for the four themes which are (1) BIM strategies, utilization and standards, (2) education, (3) management and procurement, and (4) modeling and designing.

This report depicted the change of the infrastructure sector which BIM will entail. BIM based procedures, processes, and tools will lead to the new paradigm and it demands changes for the stakeholders' actions and way of thinking. Beside the technical issues it is justifiable concentrate on both change management of the infrastructure industry and human resource management.

## Käsitteitä ja lyhenteitä

Lyhenne	Selite	[artikkeli <sup>1</sup> ]
AEC industry	Architecture, Engineering and Construction industry	[29]
BEP	Building Energy Performance	[46]
BIM	Building Information Modeling	[kaikki]
BPMN	Business Process Modeling Notation	[49]
BrIM	Bridge Information Modeling	[119]
bSA	buildingSmart Alliance	[46]
bSI	buildingSMART International	[114]
CCE	Construction Cost Estimating	[59]
CIM	Civil Information Modeling (extension of BIM)	[119]
CPM	Critical Path Method	[113]
DEA	Data Envelopment Analysis	[29]
ER	Exchange Requirements	[18]
FA	Factor Analysis	[29]
FIM	Facility Information Modeling	[119]
FIMM	Facilities Information Management Modeling	[119]
IFC	Industry Foundation Classes	[18]
IDDS	Integrated Design and Delivery Solutions	[135]
IDM	Information Delivery Manual	[18]
IM	Infrastructure Modeling	[119]
IPD	Integrated Process Delivery	[44, 135]
LPS	Last Planner System	[113]
MDA	Model Driven Architecture	[78]
MPA	Multi Party Agreement	[44]
MPCRM	Multi-Party Contracting Risk Management	[44]
MVD	Model view Definition	[18]
NBIMS	National BIM Standard	[18]
PMIS	Project Management Information System	[44]
PDCS	Project Delivery Contracting Strategies	[44]
RIM	Road Information Modeling	[119]
SEM	Structural Equation Modeling	[29]
SOA	Service Oriented Architecture	[78]
SOA4BIM	SOA for BIM	[78]
VDC	Virtual Design and Construction	[29]

---

<sup>1</sup>kts. luku 2.1.1.1 Mallintamista koskevat artikkelit

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. YLEISTÄ SELVITYKSESTÄ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Johdanto .....	1
1.2. Tutkimusmenetelmä .....	2
<b>2. TULOKSET .....</b>	<b>3</b>
2.1. BIM –julkaisut konferenssista .....	3
2.1.1. Mallintamista koskevat artikkelit .....	3
2.1.2. Asiasanat ja artikkelit .....	4
2.1.3. Asiasanojen luokittelu artikkelien aiheiden mukaan .....	5
2.2. Lyhennelmät julkaisuista .....	5
2.2.1. Development Of The National BIM Standard (NBIMS) For Precast/Prestressed Concrete .....	5
2.2.2. Designing a Benchmarking Platform to Select VDC/BIM Implementation Strategies .....	7
2.2.3. Integrating Multi-Party Contracting Risk Management (MPCRM) Model with Building Information Modeling (BIM) .....	9
2.2.4. United States Air Force Milcon Transformation: Building Information Modeling Case Studies .....	12
2.2.5. Introducing a New Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects .....	13
2.2.6. BIMSERVER.Org – An Open Source IFC Model Server .....	14
2.2.7. Framework Design for BIM based Construction Cost Estimating Software .....	15
2.2.8. Changing E-Procurement in the AEC Sector with BIM .....	17
2.2.9. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum .....	18
2.2.10. BIM-Based Scheduling of Construction – A Comparative Analysis of Prevailing and BIM-Based Scheduling Processes .....	19
2.2.11. BIM-Based Generation of Multi-Model Views .....	21
2.2.12. Achieving BIM and CIM Implementation Through Quality Management .....	21
2.2.13. Learning About BIM in Early Design Using Inpro Training Environment .....	23
2.2.14. On the use of Building Information Modeling in Infrastructure Bridges .....	24

<b>3. KONTRIBUUTIO INFRA-ALAN T&amp;K –TOIMINNALLE JA MALLIPOHJAISILLE HANKINNOILLE .....</b>	<b>27</b>
3.1. BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit .....	27
3.2. Opetus ja koulutus .....	28
3.3. Johtaminen ja hankinnat.....	29
3.4. Mallintaminen ja suunnittelu .....	30
3.4.1. Riskien hallinta ja jakaminen hankkeessa.....	30
3.4.2. Mallintamisen hyödyn osoittaminen.....	31
3.4.3. Malli ja kustannusarviointi ja -hallinta.....	32
3.4.4. Hankkeen mallipohjainen yleisaikataulu hankintamenetelmien näkökulmasta .....	33
<b>4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>36</b>
4.1. Aineiston kattavuus .....	36
4.2. Toimintasuositukset.....	36
<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>39</b>

# 1. Yleistä selvityksestä

## 1.1. Johdanto

Selvitys perustuu marraskuussa 2010 Kairossa pidettyyn kansainvälisen rakentamisen CIB verkoston W78-komission *Applications of IT in the AEC Industry*<sup>2</sup> seminaarinaineistoon. Seminaarinaineistosta on selvityksessä mukana ne paperit, joissa käsitellään tietomalleja ja mallintamista. Selvityksen lähestymistapana on kansainvälinen state-of-the-art ja selvityksen tarkoituksena on luoda kuva tietomallintamisen kansainvälisistä tutkimuksista vuonna 2010. Selvitykseen on koottu lyhyet tiivistelmät papereista, jotka on luokiteltu asiasanojen aiheiden mukaan neljään ryhmään: (1) BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit, (2) opetus ja koulutus, (3) johtaminen ja hankinnat sekä (4) mallintaminen ja suunnittelu. Lisäksi selvityksessä pohditaan lyhyesti tutkimusten kontribuutiota tietomallipohjaisille hankinnoille.

CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*)<sup>3</sup> on vuonna 1953 perustettu järjestö, jonka tavoitteena on edistää ja helpottaa kansainvälistä yhteistyötä, verkostoitumista ja tietojen vaihtoa eri valtioiden rakentamisen ja rakennusalan tutkimuslaitosten välillä. CIB:n maailmanlaajuisessa verkostossa on yli 5000 asiantuntijaa ja noin 500 jäsenjärjestöä edustaen tutkimusta, korkeakouluja, teollisuuden eri osapuolia. CIB:n jäsenet ovat erikoistuneet tutkimukseen tai tutkimustulosten soveltamiseen. CIB-verkosto koostuu lukuisista komissioista, jotka edustavat laajasti rakennus- ja kiinteistöalan aihepiirejä. Kukin komissio järjestää oman aihepiirinsä kansainvälisiä seminaareja, joiden yhteydessä on usein syventäviä työpajoja. Lisäksi kullakin komissiolla on oma julkaisutoimintaa CIB:n eri julkaisusarjoissa.

Rakentamisen tietomallit kuuluvat CIB W78-komissioon, jonka fokus on rakentamisen tieto- ja viestintäteknologiassa<sup>4</sup> (ICT). Se käsittää laajasti suunnittelun, rakentamisen sekä käytön, keskittyen kuitenkin tiedon hallintaan, integrointiin ja viestintään koko elinkaaren ajalta. Komission olemassa ololla ja toiminnalla on suuri merkitys, koska tieto- ja viestintäteknikan käyttö on

---

<sup>2</sup> <http://www.bc.vt.edu/cib2010/>

<sup>3</sup> <http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>

<sup>4</sup> <http://w78.civil.aau.dk/>



laajaa kaikilla työpaikoilla ja sitä pidetään merkittävänä mahdollistajana tuottavuuden parantamisen sekä suunnittelun ja rakentamisen integroimisen kannalta.

Tämän selvityksen tarkoituksena on kuvata missä rakentamisen tietomallintamista koskeva tutkimustoiminta pääpiirteissään menee, antaa syötteitä kansalliseen tutkimus- ja kehitystyöhön sekä laajentaa lukijan BIM-tietoutta yleisellä tasolla.

## **1.2. Tutkimusmenetelmä**

Selvitys perustuu kirjallisuustarkasteluun, jonka materiaali koostuu pääsääntöisesti CIB W78 konferenssiaineistosta sekä toissijaisesti konferenssiaineistoa tukevista tieteellisistä julkaisuista. Selvityksessä tunnistettiin, että konferenssissa esitetystä tutkimustuloksesta 14 käsitteli tietomallintamista. Konferenssissa oli yhteensä 42 esitystä.

Tietomallintamista koskeva terminologia on vielä yleisesti vakiintumatonta ja jäsentymätöntä, jolloin suomen kielen vastineen löytäminen eri käsitteille on ongelmallista. Tästä johtuen julkaisussa tyydytään käyttämään usein englanninkielistä alkuperäistä termiä.

Tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin artikkeleiden deskriptiivisen referoinnin lisäksi luokitteleva kirjallisuusanalyysi, jossa eri artikkelit luokiteltiin keskeisiin teemoihin. Teemoja peilattiin yleiseen keskusteluun rakennuksen tietomallintamisesta ja pohdittiin teemojen antamaa kontribuutiota infra-toimialan hankintoihin. Teema-alueet olivat:

- BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit
- opetus ja koulutus
- johtaminen ja hankinnat
- tietomallintaminen ja suunnittelu.

## 2. Tulokset

### 2.1. BIM-julkaisut konferenssista

#### 2.1.1. Mallintamista koskevat artikkelit

Konferenssin aineistosta 14 käsitteli mallintamista. Mallintamista koskevat aineisto on:

- I. **18 Development Of The National BIM Standard (NBIMS) For Precast/Prestressed Concrete**/*Ivan Panushev, Charles Eastman, Rafael Sacks, Manu Venugopal, Vahideh Aram*
- II. **29 Designing a Benchmarking Platform to Select VDC/BIM Implementation Strategies**/*Luis Fernando Alarcón, Claudio Mourgues, Cesar O’Ryan, Martin Fischer*
- III. **44 Integrating Multi-Party Contracting Risk Management (MPCRM) Model With Building Information Modeling (BIM)**/*Pardis B. Pishdad, Yvan J. Beliveau*
- IV. **46 United States Air Force Milcon Transformation: Building Information Modeling Case Studies**/*Patrick Suermann, Raja R.A. Issa*
- V. **49 Introducing a New Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects**/*Shiva (Vahideh) Aram, Charles Eastman, Rafael Sacks, Ivan Panushev*
- VI. **51 BIMSERVER.Org – An Open Source IFC Model Server**/*Jakob Beetz, Leon van Berlo, Ruben de Laat, Pim van den Helm*
- VII. **59 Framework Design for Bim-Based Construction Cost Estimating Software**/*Zhiliang Ma, Xiude Zhang, Song Wu, Zhenhua Wei, Zhe Lou*
- VIII. **78 Changing E-Procurement in the AEC Sector with BIM**/*Anotnio Grilo, Ricardo Jardim-Goncalves*
- IX. **83 Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum**/*Maria Bernardete Barison, Eduardo Toledo Santos*
- X. **113 BIM-Based Scheduling of Construction – A Comparative Analysis of Prevailing and BIM-Based Scheduling Processes**/*Rolf Büchmann-Slorup, Niclas Andersson*
- XI. **114 BIM-Based Generation of Multi-Model Views**/*Peter Katranuschkov, Matthias Weise, Ronny Windisch, Sebastian Fuchs, Raimar J. Scherer*
- XII. **119 Achieving BIM And CIM Implementation Through Quality Management**/*Thomas Mills*
- XIII. **121 Learning About BIM in Early Design Using Inpro Training Environment**/*Nenad Čuš Babič, Danijel Rebolj*
- XIV. **135 On the Use of Building Information Modeling in Infrastructure Bridges**/*Marzouk, M., Hisham, M. Ismail, S. Youssef, M. Seif, O.*

### 2.1.2. Asiasanat ja artikkelit

Tutkimuksessa tehtiin asiasanakartoitus, jonka avulla pystytään löytämään tutkimus- ja kehitystyön kannalta relevantit artikkelit. Artikkeleista oli tunnistettavissa 27 asiasanaa. Merkille pantavaa on, että IFC-standardi avainsana esiintyi 43 prosentissa käsitellyistä artikkeleista. Asiasanakartoitus on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Asiasanat ja artikkelit.

ASIASANA	ARTIKKELIN NRO
4D-modeling, CAD	51, 113
Benchmarking	29
BIM course	83
BuildingSMART	114
Cloud Computing	78
Collaboration	44, 46, 51
Construction Cost Estimating	59
Control Systems	46
Education	83, 121
Electronic Procurement	78
Facility management	119
Implementation	113
Implementation strategies	29
Industry FoundationClasses (IFC)	18, 49, 51, 59, 114, 119
Information Delivery Manual (IDM)	49
Interoperability	49
Modelbased working	121
Modelserver	51
Model View Definitions (MVD)	18, 49
Multimodel views	114
National BIM Standard (NBIMS)	18
Planning and scheduling	113
Project delivery	44
Prototype	46
Quality management	119
Risk management	44
Training	121

### 2.1.3. Asiasanojen luokittelu artikkelien aiheiden mukaan

Tutkimuksessa tehtiin asiasana-analyysi, jonka perusteella asiasanat pystyttiin jakamaan neljään luokkaan (taulukko 2). Tutkimuksessa havaittiin, että perinteisten teknisten aiheiden lisäksi myös oppiminen ja ihmisen johtaminen muutoksessa sai artikkeleissa huomattavan painoarvon.

**Taulukko 2.** Asiasanojen luokittelu (B,O,J,M) ja artikkelit.

Lyhenne	Luokka	Artikkelin nro
B	BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit	18, 29, 49, 51, 59, 113, 114, 119
O	Opetus ja koulutus	83, 21, 121
J	Johtaminen ja hankinnat	44, 46, 51, 59, 78, 113, 119, 121
M	Mallintaminen ja suunnittelu	18, 46, 49, 51, 113, 114, 135

## 2.2. Lyhennelmät julkaisuista

Lyhennelmien lähtökohtana on esittää keskeisimmät avainkohdat ja tulokset artikkeleista. Lyhenne (B,O,J,M) artikkelin numeron jälkeen viittaa mihin luokkaan se kuuluu<sup>5</sup>.

### 2.2.1. Development Of The National BIM Standard (NBIMS) For Precast/Prestressed Concrete

*Paper 18 (B,M), Ivan Panushev, Charles Eastman, Rafael Sacks, Manu Venugopal, Vahideh Aram*

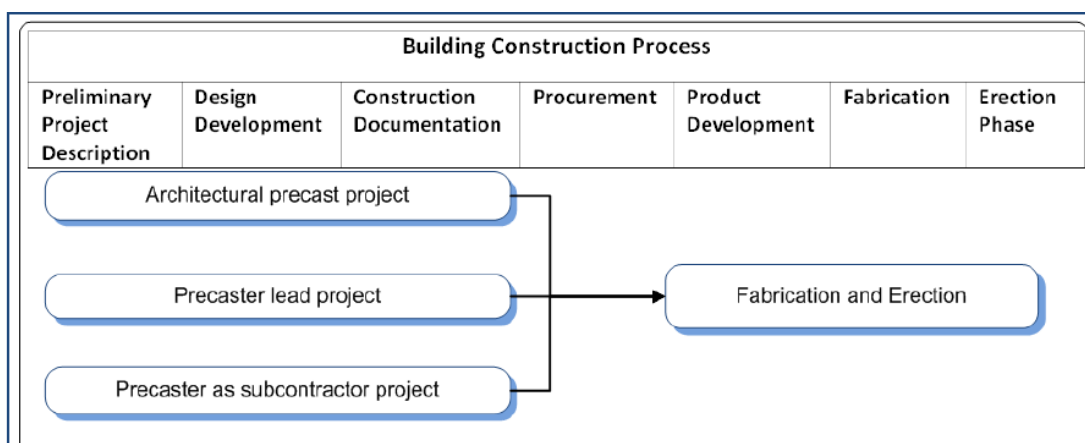
*National BIM Standard* (NBIMS) linjaa USA:n rakennusmarkkinoille yleisiä suuntaviivoja tietomallintamiselle ja on osa buildingSMART-allianssia. NBIMS perustuu IFC-standardiin (*Industry Foundation Class*), joka on kansainvälinen ja jatkuvasti kehitettävä rakennusalan standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen. Kyseinen tutkimus käsittelee

---

<sup>5</sup>kts. luku 2.1.3. ”Asiasanojen luokittelu artikkelien aiheiden mukaan”, taulukko 2.

BIM standardiin liittyviä haasteita, joita on tunnistettu erityisesti betonielementtien valmistuksessa.

Betonielementtien esivalmistusprosessi jaettiin tutkimuksessa neljään alaryhmään eri näkökulmien mukaisesti (kuva 1). Alkuvaiheen prosessit jaettiin kolmeen alaryhmään, koska niiden lopputuotokset projektissa eroavat toisistaan merkittävästi. Tutkimuksen mukaan neljäs alaryhmä kokoaa yhteen ja viimeistelee alkuvaiheen alaryhmän prosessit.



**Kuva 1.** Esivalmistusprosessi ja sen neljä alaryhmää.

Tutkimuksessa tarkastellaan myös osapuolten tiedonsiirto tarpeisiin ja tietojen vaihtoon liittyvien vaatimusten (*Exchange Requirements, ER*) liittämistä *Information Delivery Manual:iin* (IDM), joka määrittelee osapuolten välisten tiedonsiirron toimintatapoja ja esimerkiksi sopimuksia. Liittämisen tavoitteena on kehittää IFC-standardin mukaista *Model View Definition:ia* (MVD) niin, että alun perin asetetut vaatimukset täyttyvät. MVD on joukko tietojen vaihdon dokumentointiin liittyviä työkaluja, jotka määrittelevät vaatimuksia tietomallipohjaisten ohjelmistojen kehittämiseksi.

Tutkimuksen tuloksena esitetään useita lähestymistapoja, joilla pystytään tehokkaasti hallita IDM:n ja MVD:n kehittyminen. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan erityisiä haasteita, jotka liittyvät betonielementtirakentamiseen. Tutkimustulokset kiteytyvät NBIMS-prosessin kolmeen kategoriaan, jotka ovat:

- vaatimusten kehittäminen
- mallinäkökymien määrittäminen

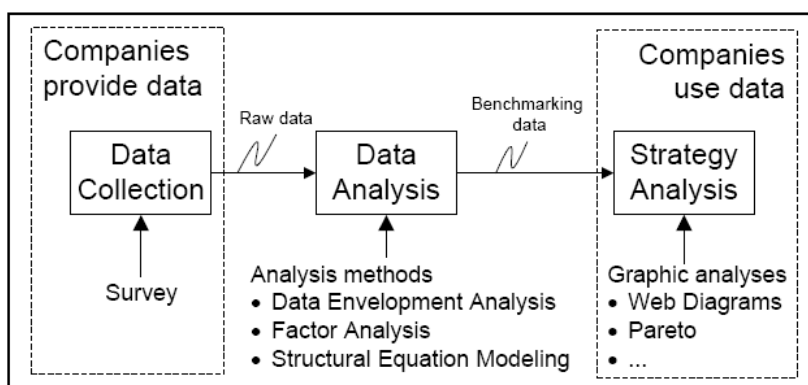
- käyttöönoton spesifioiminen.

### 2.2.2. Designing a Benchmarking Platform to Select VDC/BIM Implementation Strategies

*Paper 29, (B), Luis Fernando Alarcón, Claudio Mourgues, Cesar O’Ryan, Martin Fischer*

Viimeaikaiset rakentamisen tietomallintamista koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että alalle tarvitaan entistä järjestelmällisempiä välineitä ja työkaluja, joiden avulla pystytään tunnistamaan parhaita hanke- ja yritystason BIM:n käyttöönottostrategioita. Tutkimuksen mukaan yritykset näkevät BIM:n käyttöönotossa ja sen hyödyntämisessä mahdollisuuksia benchmarkiin eli vertailuun parhaisiin käytäntöihin markkinoilla. Benchmark edistää eri osapuolten oppimista ja mahdollistaa omien prosessien kehittämisen vastaamaan tietomallinnuksen asettamiin teknologiaan ja organisatorisiin vaatimuksiin.

Tutkimuksessa kehitetään benchmark-metodologiaa, joka tukee AEC-yritysten tietomallintamiseen liittyvien käyttöönotto strategioiden valintaa. Tutkimus perustuu VDC/BIM käyttöönoton benchmark-viitekehysten yleiseen malliin, jossa yrityksiltä kerätään survey-tutkimuksen avulla tietoa. Yritykset voivat hyödyntää kerättyä tietoa yritystason analyyseissä ja toimintansa kehittämisessä (kuva 2). Tutkimus toteutettiin lomaketutkimuksen avulla, joihin osallistui yhteensä 18 yritystä Chilestä ja Yhdysvalloista.



**Kuva 2.** BIM käyttöönoton benchmark –viitekehys.

Tutkimuksen data-analyysi perustuu kolmeen kvantitatiiviseen tutkimusmenetelmään, joiden avulla voidaan arvioida, miten ja kuinka paljon BIM käyttöönottostrategioilla on vaikutuksia yritysten prosesseihin sekä BIM-projektien tuloksiin.

BIM:in käyttöönoton benchmark-työkalun kysymykset jaettiin tutkimuksessa kolmeen kategoriaan, jotka ovat kontrolloimattomat, hallittavissa olevat ja strategiaan liittyvät tekijät, jotka määrittelevät yrityksen valittua käyttöönoton strategiaa ja sen sisältöä. Toisen kategorian eli yrityksen hallittavissa olevat tekijät on ryhmitelty tutkimuksessa vielä kahdeksaan alakategoriaan, joita ovat:

- 1) oma-aloitekykyisyys BIM/VDS-mallien käyttöönotossa
- 2) innovaatiokulttuuri
- 3) koulutus ja oppiminen
- 4) johtaminen
- 5) käyttöönoton ominaispiirteet
- 6) sidosryhmien osallistuminen
- 7) viestintä ja koordinointi
- 8) kontrolli ja palaute.

Tutkimuksessa käytettiin kolmea matemaattista menetelmää, joiden avulla tutkittiin strategioiden, prosessien ja tulosten suhdetta. Käytetyt matemaattiset menetelmät olivat tehokkuusanalyysi, faktorianalyysi, ja rakenneyhtälömallit. Ensimmäisessä menetelmässä kuvataan eri täytäntöönpanostrategioiden tehokkuutta tuottamaan tiettyjä vaikutuksia prosesseihin ja projektien tuloksiin. Faktorianalyysi vähentää ja luokittelee informaation piileviä tekijöitä (muuttujia), joita käytetään hyväksi rakenneyhtälömallissa. Rakenneyhtälömalli vastaavasti kuvaa ja mittaa täytäntöönpanon vaikutuksia ja tekijöiden välisiä suhteita yhtiö- ja projektitasolla.

Tutkimuksessa ei varsinaisesti analysoitu tuloksia erilaisista käyttöönoton strategioista, vaan esitettiin käsitteellinen benchmark-malli, joka havainnollistaa mitä tekijöitä BIM:n käyttöönotossa tulisi ottaa huomioon. Tutkimuksen seuraava vaihe on viitekehyksen kehitystyön viimeistely, aineiston kerääminen ja tulosten analysointi.

### 2.2.3. Integrating Multi-Party Contracting Risk Management (MPCRM) Model with Building Information Modeling (BIM)

*Paper 44, (J), Pardis B. Pishdad, Yvan J. Beliveau*

Tutkimuksessa esitetään tuloksia perinteisen projektin hankintastrategioiden vertailevasta analyysistä. Analyysi on kytketty integroituun projektin hallinnan (Integrated Process Delivery, IPD) kontekstiin. Lisäksi tutkimuksessa hahmotellaan prosessimuutoksia ja uusia riskienhallintamenetelmiä.

Paperissa korostetaan informaatioteknologian (IT) ja IT-pohjaisten yhteistyöprojektien työkalujen merkitystä muutoksen toteutustyökaluina. Tutkimuksen mukaan esimerkiksi rakennuksen tietomallintaminen helpottaa toimintatapojen muutostakohti kokonaisvaltaisempia hankintamenetelmiä ja osapuolten yhteistä riskien hallintaa.

Paperissa pohditaan projektin hankintojen sopimusstrategioita (*Project Delivery Contracting-Strategies*, PDCS) ja riskienhallinnan menetelmiä sekä niiden soveltuvuutta nykyiseen BIM - prosessiin ja työkaluihin. Tutkimuksessa kehitetään monen toimijan laajaa sopimusriskien hallintaa (*Multi Party Contracting Risk Management*, MPCRM), joka integroidaan rakennuksen tietomallintamiseen. Monen toimijan laaja sopimusriskien hallinta (MPCRM) soveltuu hankkeen riskien hallintaan ja sopimusosapuolten riskien jakamiseen, koska se mahdollistaa mm:

- hankkeen osapuolten näkemysten jakamisen olemassa olevista riskeistä
- riskienhallintastrategian määrittämisen kaikkein vaikuttavimmille riskeille
- tarkoituksenmukaiset neuvottelut osapuolten välillä riskien osalta.

Rakentamisen tarkoituksenmukaisella riskienhallinnalla on merkittäviä taloudellisia vaikutuksia. Tutkimuksen 17 kohteen case-tutkimuksessa sillä arvioitiin olevan kumulatiivisia vaikutuksia rakennusprojektin budjettiin noin 14 %.

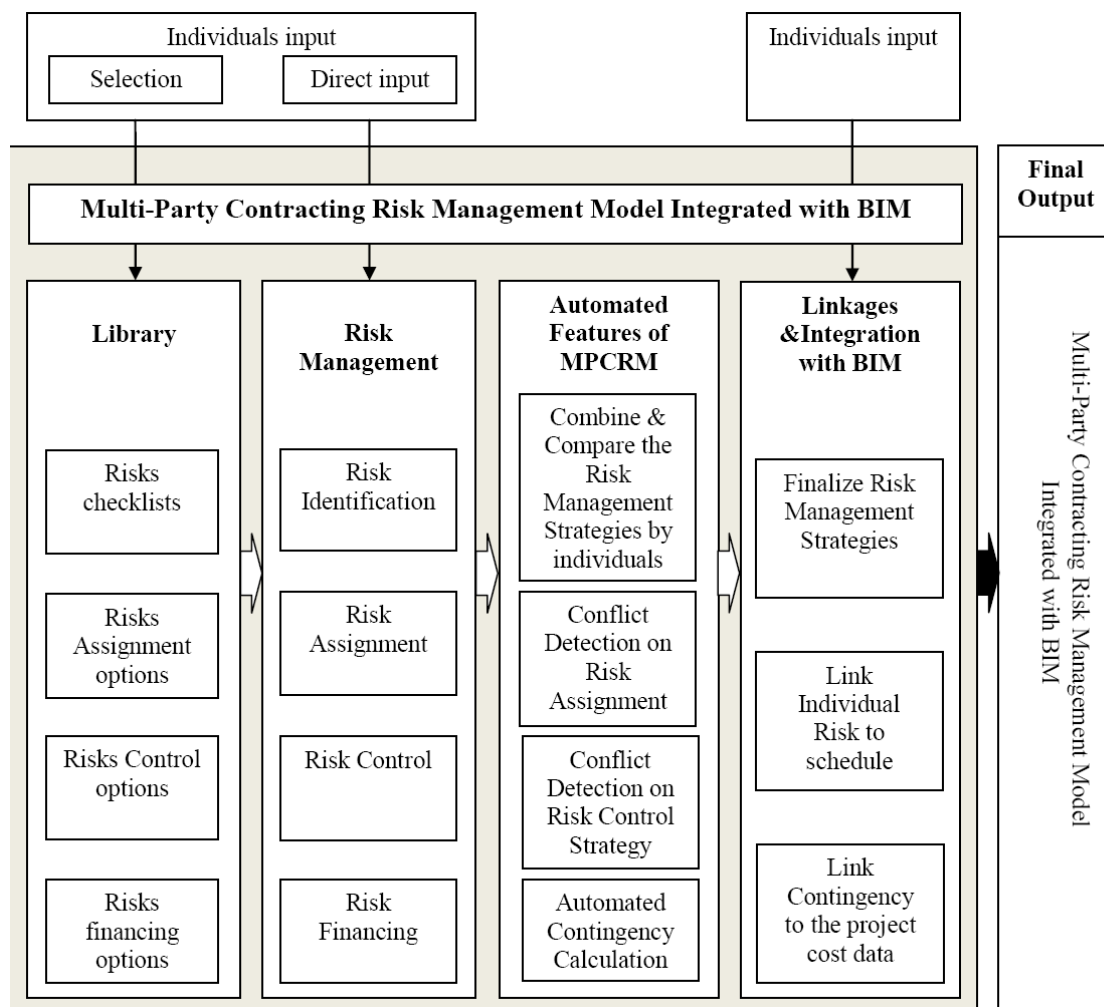
Tutkimuksen mukaan BIM parantaa tietojen yhdenmukaisuutta ja vähentää huomattavasti viestintään liittyviä virheitä, koska se yhdistää useita malleja eri tiedostoista yhteen tietokantaan ja yhteiselle alustalle. Tutkimuksessa tunnistettiin BIM:in etuja projektin integroiduille tiimeille, joita ovat:



- yhteinen foorumi ja tiedon jakamisen tietolähde
- dokumentointityökalu
- yhteistyötyökalu
- parametrisuus eli yhteismitallisuus
- työkalu ristiriitaisuuksien havaitsemiseksi ja rakennettavuuden analysointiin.

Paperissa kehitetään ja kuvataan käsitteellinen MPCRM-malli. MPCRM-malli integroituna rakennuksen tietomalliin laajentaa BIM:in nykyistä kapasiteettia ja mahdollistaa eri yhteistyötoimijoiden osallistumisen aiemmin sopimusvaiheeseen. Malli tarjoaa tukikehyksen päätöksenteolle ja yhteisen informaatioalustan riskien hallinnan strategialle koko projektin elinkaaren ajalle sopimusvaiheesta käyttöön. Lisäksi tukikehys yhdistää suunnittelun, rakentamisen sekä käytön aikaisen kunnossapidon ja huollon.

Tutkimuksessa todettiin, että MPCRM integroituna BIM:iin helpottaa uusien osapuolten mukaan tuloa hankkeeseen, kehittää riskien hallinnan strategiaa ja mahdollistaa aikaisemman yhteisen sopimuksen syntymisen. Tutkimustuloksissa suositellaankin, että BIM:iin on liitettävä MPCRM-mallin mukainen riskien hallinta (kuva 3).



**Kuva 3.** Monen toimijan laaja sopimusriskien hallinta MPCRM ja BIM.

MPCRM-mallin avulla pystytään siirtymään dokumentti-pohjaisesta riskien arvioinnista digitaaliseen riskienhallinnan yhteistyöhön. MPCRM-malli muun muassa varoittaa hankkeen osapuolia riskeistä, joita ei ole käsitelty sopimusasiakirjoissa.

Tutkimustuloksissa kuitenkin todetaan, että BIM ja MPCRM yhteensovittaminen ei tuo kuin rajoitetussa määrin etuja hankkeen elinkaareen (kuva 4). Esimerkiksi hankkeen käyttövaiheessa MPCRM-mallin ja BIM:in yhteensovittamisella ei saavuteta merkittävää hyötyä.



**Kuva 4.** MPCRM ja BIM yhteensovittamisen hyödyt toimijoittain hankkeen elinkaareissa.

#### 2.2.4. United States Air Force Milcon Transformation: Building Information Modeling Case Studies

*Paper 46, (J,M), Patrick Suermann, Raja R.A. Issa*

Yhdysvaltain ilmavoimien yksikkö (Air Force Center for Engineering and Environment, AFCEE) on siirtynyt toimintamalliin, jossa kaikki rakentamisen suunnittelu pitää toteuttaa tietomallipohjaisesti. Tutkimuksessa selvitettiin omistajien ja suunnittelijoiden kokemuksia tietomallintamisen käyttöönotosta sotilasrakentamisessa. Tutkimus perustui kahteen case -hankkeeseen, joiden pohjalta tutkimuksessa annetaan suositukset BIM -kehitystyön jatkamiselle. Ensimmäisessä case-hankkeessa tarkasteltiin kustannuksia ja toisessa hankkeessa laatua etenkin energiatehokkuuden näkökulmasta.

Tutkimus vahvisti käsitystä mallintamisen taloudellisista hyödyistä. Case -hankkeeseen perustuvan havainnon mukaan BIM-pohjaisesti suunnitellun rakennuksen neliöhinta oli keskimäärin 25 prosenttia edullisempi mitä perinteisesti 2D -suunnitellun rakennuksen (taulukko 3). Tutkijoiden aineisto perustui kahteen samansisältöisen rakennuksen toteuttamiseen, joista toinen toteutettiin käyttäen mallintamista ja toinen perinteisin 2D –suunnittelumenetelmin.

**Taulukko 3.** Neliöhintavertailu perinteisen ja mallintamiseen suunnittelun perustuvan välillä.

	HQ JICCEN (perinteinen 2-D)	HQ US CENTCOM (BIM)
Kokonaiskustannukset (\$ miljoonaa)	114.6	81.7
Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	24,962	23,844
Kokonaiskustannukset (\$/m <sup>2</sup> )	4,591	3,426

#### 2.2.5. Introducing a New Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects

*Paper 49, (B,M) Shiva (Vahideh) Aram, Charles Eastman, Rafael Sacks, Ivan Panushev*

IFC-standardi (*Industry Foundation Classes*) on tietomallintamisen neutraali yhteistoimintaympäristö. Sen tarkoituksena on tarjota kattava tietojen spesifikaatio ja hallinta koko rakennushankkeen elinkaarelle ja eri alojen ohjelmistosovelluksille. IFC ei kuitenkaan määritä mitä tietoa tuotetaan tai miten tietoa jaetaan hankkeiden eri osapuolten välillä. Osapuolten välistä tiedonvaihtoa pystytään kehittämään ja hallitsemaan IDM:n (*Information Delivery Manual*) avulla, jossa määritetään käyttäjien väliset, yksityiskohtaiset tietojen vaihtamista koskevat vaatimukset. Tässä artikkelissa tehdyssä tutkimuksessa esitetään progressiivinen menetelmä IDM:n kehittämiseksi. Tutkimus on keskittynyt betonielementtien suunnitteluun ja rakentamiseen.

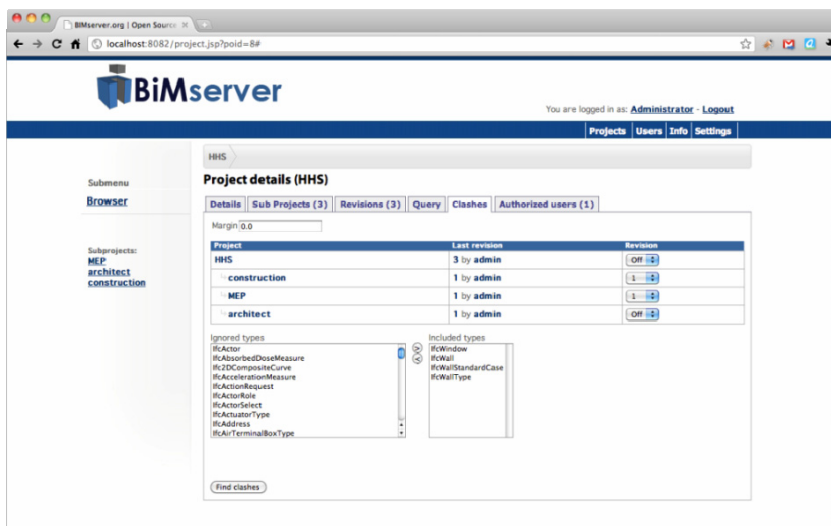
BIM-pohjainen, keskitetty tiedonhallinta on yleistymässä rakentamisesta tuotannosta aina käyttöön asti. Yleistymiseen on vaikuttanut teollisuuden positiiviset kokemukset BIM:in käytöstä. Teollisuudessa on havaittu, että BIM tehostaa yhteistoimintaa ja virtaviivaistaa tiedonkulkua hankkeen osapuolten välillä.

Tutkimuksessa on päädytty tulokseen, jonka mukaan IFC -standardin mukainen tiedonvaihto ei ole edelleenkään täysin luotettava käytännön sovelluksissa. Vain muutamissa projekteissa on onnistuttu saavuttamaan sovellusten välinen täysin ongelmaton tiedonsiirto. Tutkimuksessa todetaan, että betonielementtituotteille on tärkeää kehittää lähitulevaisuudessa toimiva validointi- ja sertifiointimenetelmä IFC-kääntäjän käyttöönotolle.

## 2.2.6. BIMSERVER.Org – An Open Source IFC Model Server

*Paper 51, (J,M), Jakob Beetz, Leon van Berlo, Ruben de Laat, Pim van den Helm*

Tutkimuksessa esitellään avoimeen lähdekoodiin perustuva rakennuksen tietomallin palvelin [bimserver.org](http://bimserver.org)<sup>6</sup>, joka on kehitetty Hollannissa usean eri tahon yhteistyönä (mm. Netherlands organisation for applied scientific research TNO ja Eindhoven University of Technology). Bimserver.org on mallipalvelinsovellus, joka mahdollistaa tiedon varastoinnin, ylläpidon ja IFC -standardiin perustuvan rakentamisen sidosryhmien välisen yhteistyön. Bimserver.org:n käyttö on maksutonta ja se sopii sekä isoille että pienille yrityksille. Sovellus on kehitetty siten, että sen käyttö on mahdollista ilman teknologian tuntemista ja kustannuksia. Näkymä Bimserverin käyttöliittymästä on esitetty kuvassa 5.

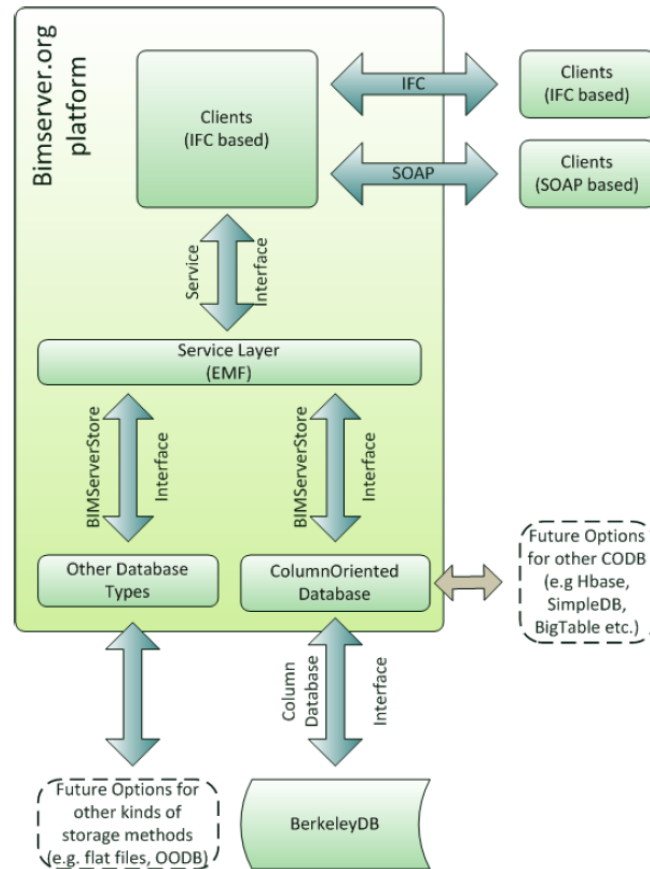


**Kuva 5.** Bimserverin käyttöliittymä.

Tähän mennessä Bimserver-sovellusta on testattu joukolla alan toimijoita ja sovelluksen käyttökokemuksista on kerätty palautetta. Palautteen perusteella todetaan, että sen käyttäjät ovat olleet samaa mieltä siitä, että arkistointitoiminto, ja varmuus siitä, että uusi tieto on yhdessä paikassa, tuottaa BIMserver-ohjelmiston käyttäjille lisäarvoa. Bimserver.org:n rakenne ja päätoiminnot on esitetty kuvassa 6.

---

<sup>6</sup> <http://bimserver.org/>



**Kuva 6.** BIMserverin toimintaperiaate.

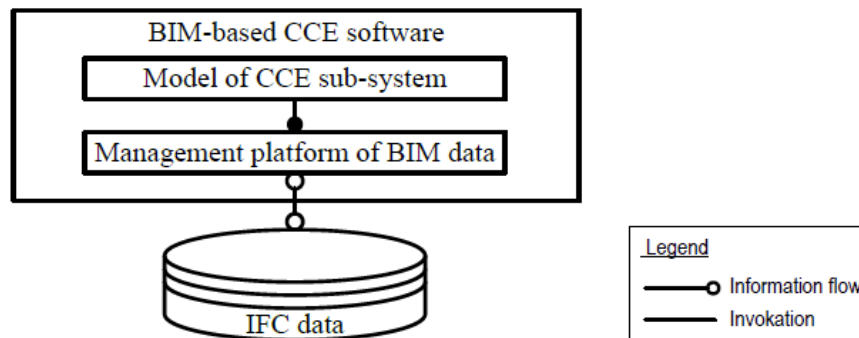
## 2.2.7. Framework Design for BIM based Construction Cost Estimating Software

*Paper 59, (B,J), Zhiliang Ma, Xiude Zhang, Song Wu, Zhenhua Wei, Zhe Lou*

Artikkelissa esitetään rakentamisen kustannusarvio-ohjelmiston (*Construction Cost Estimating, CCE*) BIM-pohjainen viitekehys, joka perustuu Kiinan standardeille. Tutkimuksessa analysoitiin jo käytössä olevia Kiinan suuria rakentamisen kustannushallinnan ohjelmistoja ja identifiointiin haastatteluiden avulla vaatimuksia ja haasteita seuraavan sukupolven ohjelmistojen kehittämiseksi. Olemassa olevat kustannusarvio-ohjelmistot jaettu kahteen luokkaan: evaluointiin ja määrälaskentaan perustuvat ohjelmistot. Määrälaskentaan perustuvat ohjelmistot ovat hyödyntäneet 3D-teknologiaa Kiinassa 2000-luvulta lähtien. Tutkimuksessa arvioidaan, että mallipohjainen määrälaskenta on avaintekijä seuraavan sukupolven CCE-ohjelmistojen kehittämiseksi. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin seitsemää ulkomaisten toimittajien, lähinnä amerikka-

laisten BIM -pohjaisia ohjelmistoja ja arvioitiin niiden toteuttamiskelpoisuutta Kiinan toimintaympäristössä.

Tutkimuksessa luotu viitekehys loi pohjan seuraavan sukupolven CCE-ohjelmistojen kehittämiseksi (kuva 7). Viitekehys perustuu tutkimuksessa tehtyihin haastatteluihin ja kirjallisuusanalyysiin.



**Kuva 7.** Seuraavan sukupolven CCE -ohjelmiston viitekehys.

Tutkimuksessa määritettiin kustannusarvointiohjelmistolle asetettavat päävaatimukset, joita ovat (taulukko 4):

- automaattinen suunnittelutiedon tuominen kustannusarvio-ohjelmaan (import)
- interaktiivinen 3D suunnittelu
- älykäs yhteensovittaminen, jossa rakennusosat linkittyvät kustannustietoon
- älykäs muutosten hallinta, jossa pystytään jäljittämään malliin tehdyt muutokset
- standardisoidun kustannuslaskelman tuottaminen (export).

**Taulukko 4. Päävaatimukset seuraavan sukupolven CCE –ohjelmistolle.**

No.	Key requirements	Description
1	Automatically import design result	The estimators can make use of the design result of IFC data automatically. There is no need to manually identify the drawing and to establish the model which could eliminate manual reworks, increase speed and improve productivity.
2	Interactive 3D visualization	Users can enjoy the best performance of 3D building model navigation and object details examination. The 3D building elements and cost items are highly interactive and selectable. Support interactive data modifications.
3	Intelligent match	Building elements can be automatically linked to cost items through the intelligent judgment of the building element's properties. This feature reduces a great deal of effort of estimators.
4	Intelligent change management	If the design is changed, the next generation CCE software can display changed, new, and deleted objects, and automatically update the quantities. The cost estimating can be easily adjusted. This feature helps the estimators to deal with the design change efficiently.
5	Export the standard cost estimating data	Export the standard IFC data file which include building element's dimensions, construction process and cost items data so that the downstream software, such as construction management software, information reuse software can directly use the data.

## 2.2.8. Changing E-Procurement in the AEC Sector with BIM

*Paper 78, (J), AnotnioGrilo, Ricardo Jardim-Goncalves*

Artikkelissa analysoidaan *Building Information Modeling* (BIM) lähestymistapaa sähköisille hankinnoille. *Service Oriented Architecture* (SOA) ja *Cloud Computing* –menetelmät mahdollistavat rakennuksen ja sen elinkaaren de-materialisoinnin sekä edistävät sähköisten hankintojen tehokkuutta, lisäten näin yritysten kilpailukykyä markkinoilla. Artikkelissa kuvataan kuinka BIM, SOA ja Cloud Computing voivat muuttaa perinteisiä sähköisten hankintojen toimintoja, kuten tarjousasiakirjojen laatimista. Esimerkiksi tekniset tiedot voidaan julkaista yhteisellä sähköisellä hankinta-alustalla automaattisesti yhdessä kaupallisen tiedon kanssa.

Paperissa esitetään tuloksia kehityshankkeista, jotka ovat keskittyneet rakentamisen tuotantovaiheeseen. Tutkimuksessa todetaan, että vaikka rakennusalalla on mahdollisuus siirtyä sähköisiin hankintoihin, on olemassa joitakin esteitä ylitettävänä ennen kuin kyseinen lähestymistapa saavuttaa käännekohtansa ja vakiintuu osaksi alan käytäntöjä.



Tutkimuksessa tehdyn kirjallisuustarkastelun mukaan BIM-pohjaisuus edesauttaisi e-hankintoja<sup>7</sup>. Tutkimuksessa todetaan, että BIM:in ja standardien avulla voidaan luoda informaatiostrukturi, joka tukee vaivattomasti e-hankintoja. Vaikka e-hankinnat ovat arkipäivää usealla toimialalla, AEC -sektorin e-hankinnat eivät ole lyöneet itseään läpi. AEC -sektorin hankinnat toteutetaan edelleen perinteisesti, dokumentteja hyödyntäen.

Tutkimuksen perusteella suositellaan, että MDA (Model Driven Architecture), SOA ja kehittyvät pilvipalvelut liitettäisiin osaksi SOA4BIM viitekehystä. Tutkimuksen perusteella on oletettu, että liittämällä pystytään ylittämään useita teknisiä esteitä.

### **2.2.9. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum**

*Paper 83, (O), Maria Bernardete Barison, Eduardo Toledo Santos*

Tutkimuksessa on tarkasteltu opettamisen ja BIM:in välistä rajapintaa. Opettamisessa ei riitä, että BIM-opetus lisätään sen monimutkaisuutensa vuoksi vain uutena kurssina opetusohjelmaan, vaan se edellyttää kokonaisvaltaisempaa näkökulmaa. Tehdyn tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella ja analysoida BIM opetussuunnitelman strategista suunnittelua. Tutkimuksen sisältöanalyysiin perustuvissa tuloksissa esitetään, että kurssin suunnittelussa on otettava huomioon BIM:in oppimisen edellytykset, tavoitteet, sisältö, opetusmenetelmät, arvioinnit, toiminnot ja opetusresurssit. Tutkimuksessa tunnistettiin BIM-kurssien kategoriat oppilaiden toimintojen pohjalta.

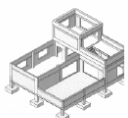
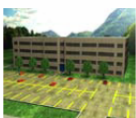

Tutkimustuloksena esitettiin opetussuunnitelma BIM-opetukselle kattaen perus-, jatko- ja syventävät opinnot<sup>8</sup>. Tutkimuksessa painotettiin yhteistyön merkitystä monipuolisten BIM -työkalujen opettamisessa. Opettamisen pitää perustua erityisesti käytännön osaajien hyödyntämiseen osana opetusta.

Tutkimuksen mukaan, kun BIM -pohjaisista prosesseista ja työkaluista tulee arkipäivää, osaajien tarve kasvaa dramaattisesti. Opetuslaitosten tehtävä ja vastuu on ennakoida ja laatia opetussuunnitelmat vastaamaan tulevaisuuden kehitystä.

---

<sup>7</sup> englannin kielinen termi e-procurement

<sup>8</sup> englanninkieliset termit introductory, intermediary and advanced courses

Level	Introductory	Intermediary	Advanced
<b>BIM Specialist</b>	BIM Modeler	BIM Analyst	BIM Manager
<b>Prerequisites</b>	Unnecessary to know CAD tools and higher computer skills	BIM Concepts, Construction Materials, a BIM tool and Design Fundamentals	Construction Methods, BIM and application tools Building Technology and Professional Practice
<b>BIM Course Categories</b>	Digital Graphic Representation	Integrated Design Studio Building Technology	Interdisciplinary/Collaborative Design Studio Course Construction Management
<b>Project BIM Model</b>	<p>A simple building project or parts of it</p>  <p>Structural elements of a simple building</p> <p>Israel Institute of Technology</p>	<p>A common building project. Architectural, Structural, MEP designs</p>  <p>Small rectangular building</p> <p>Auburn University</p>	<p>A real comprehensive building project</p>  <p>Complex building</p> <p>Health Science Center -TAMU</p>

**Kuva 8.** Viitekehys BIM-koulutuksen eri kategorioista.

## 2.2.10. BIM-Based Scheduling of Construction – A Comparative Analysis of Prevailing and BIM-Based Scheduling Processes

*Paper 113, (B,J,M), Rolf Büchmann-Slorup, Niclas Andersson*

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella BIM-pohjaisia rakentamisen aikatauluihin liittyviä prosesseja. Nykyisestä aikataulusprosessista on havaittu merkittävä kuilu yleisaikataulun ja yksityiskohtaisempien aikataulujen välillä. Tiedon ja tietämyksen jakaminen projektien kesken ja projektien sisällä on perinteisessä aikataulusprosessissa puutteellista. Aikataulujen hyödyntäminen seuraavissa projekteissa on vajavaista, jonka vuoksi aikataulujen laatiminen ja hallinta eivät kehity. Lisäksi yleisaikataulu kärsii tiedon puutteesta, joka johtuu koordinoimattomasta ja synkronoimattomasta suunnittelun ja rakentamisen prosesseista.

Yleisaikataulun laatiminen on perustunut perinteisesti tarkkojen lukujen ja arvojen sijastahenkilökohtaiseen intuitioon ja kokemukseen. Perinteisin menetelmin laadittu yleisaikataulu on laaja ja monimutkainen, josta on vaikea saada yleiskuva. Tämän lisäksi perinteisin menetelmin laadittu yleisaikataulun soveltuvuus hankkeen kommunikointiin on rajallinen.

Tutkimuksessa havaittiin, että BIM-pohjaisen aikataulun käyttöönottamisen haasteet liittyvät yleisaikataulun kehittämiseen. Tavoitteena on, että koko toimitusketju mukaan lukien alihankkijat ja materiaalintoimittajat pystyvät ottamaan osaa yleisaikataulun laatimiseen mahdolli-

simman varhaisessa vaiheessa. Tutkimuksen case -hankkeissa tunnistettiin, että *Last Planner-System* (LPS) käyttö rakennusvaiheen aikataulun suunnittelussa ja hallinnassa on ollut onnistunutta.

Hankkeen yleisaikataulun laatimiseen liittyy tehdyn tutkimuksen mukaan ongelmia, jotka koskevat:

- **Lähestymistapaa:** Bottom – Up yleisaikataulu perustuu hankkeen aikaisemmissa vaiheissa luotuun Up – Bottom aikatauluun ja ko. vaiheessa tehtyihin olettamuksiin
- **Laatimisen subjektiivisuutta:** Yleisaikataulun laaditaan usein henkilökohtaiseen intuition ja kokemukseen perustuen, joka rajoittaa aikataulun tarkkuutta, hankaloittaa systemaattista tiedon jakamista ja jalostumista
- **Suunnittelun ja tuotannon** välistä etäisyyttä ja yhteensovittamista
- Aikataulun laatimiseen liittyvään **valtavaan tietomäärään**, joka on tallentunut aikataulun laatimisen kannalta käyttökelvottomiin teknisiin suunnitelmiin.

BIM-pohjainen aikataulu ei pysty ratkaisemaan nykyisiä haasteita ilman prosessien, työmenetelmien ja normien uudistamista. BIM-pohjaisessa aikataulun laatimisessa on tärkeää, että aikataulun käyttämä tieto otetaan suunnittelusta. Tämä eroaa merkittävästi nykykäytännöstä, jossa aikataulutieto viedään suunnitteluun. Aikataulusuunnittelija voi suodattaa tarpeettoman tiedon pois tiedon kulun ollessa suunnittelusta aikataulutukseen.

Tutkimuksessa todetaan, että alihankkijoiden ja materiaalintoimittajien osallistuminen aikataulun laatimiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on erittäin tärkeää, koska heidän osallisuutensa ja tiedoilla on merkittävä rooli aikataulun oikeellisuuteen ja aikataulusäästöihin.

Tutkimuksen mukaan aikaansidottu 4D-mallintaminen on hyvä edistysaskel tietomallintamisen kehityksessä. On kuitenkin muistettava, että mikäli mallipohjainen aikataulu ei perustu suoraan suunnittelun tuloksiin ja realistisiin ratkaisuihin, mallipohjaisen aikataulun potentiaali jää hyödyntämättä.

### **2.2.11. BIM-Based Generation of Multi-Model Views**

*Paper 114, (B,M), Peter Katranuschkov, Matthias Weise, Ronny Windisch, Sebastian Fuchs, Raimar J. Scherer*

Tutkimuksen mukaan BIM:in käyttöönottaminen ja siihen liittyvä koko rakennussektorin toiminnan paradigman muutos mahdollistaa prosessien nykyistä paremman yhteistoiminnan ja koordinoinnin, jossa nykyinen IFC-standardi toimii paradigman muutoksen keskeisenä alustana ja mallina. IFC-standardiin perustuva, yleinen BIM -tietojärjestelmän kehittäminen ja mallintamistehtävien määrittäminen on silti vielä haasteellinen tehtävä. Haasteita ja avoimia asioita ovat edelleen työkaluja tukevan mallin spesifikaatio ja mallinäkömät muihin ei-BIM-pohjaisiin malleihin sekä tietoihin, kuten esimerkiksi kustannuksiin.

Tutkimuksessa kuvataan yleinen lähestymistapa BIM-perusteiselle mallinnusnäkömälle. Kuvattu lähestymistapa on johdonmukainen BuildingSMART:ssa tehtävän IDM-MVD työn kanssa, koska se laajentaa niitä tukien samalla mallintajia ja ohjelmistokehittäjiä.

### **2.2.12. Achieving BIM and CIM Implementation Through Quality Management**

*Paper 119, (B,J), Thomas Mills*

Tutkimus käsittelee ja pohtii laadunhallinnan ulottuvuuksia rakennuksen tietomalleissa. Tietomallintamiseen liittyvissä keskusteluissa on tutkimuksen mukaan sivuutettu koko rakennusteollisuuden laadunhallinta sekä sen merkitys ja vaatimukset osapuolten tiedonvaihdolle. Laadunhallinnan merkitys korostuu rakentamisen moniulotteisessa kentässä, jossa informaatio muodostaa horisontaalisia ja vertikaalisia ketjuja eri toimijoiden välille. Tutkimuksen keskeinen olettaamus on, että laadunhallinnalla on suuri merkitys alan tiedonvaihdon integraatiolle, joka tuo lisäarvoa sekä omistajalle että tilojen ja infran käyttäjille.

Tutkimuksen mukaan BIM:in arvo tulee nähdä koko tilan ja infran elinkaaren ajalta, ei yksinomaan tuotannossa ja suunnitteluvaiheessa. Tietomallintamisen tuottama hyöty kulminoituu artikkelin mukaan sen monipuolisesta kyvystä tuoda lisäarvoa eri toimijoille tilan ja infran elinkaaren eri vaiheissa. BIM:n fokuksena ovat eri prosessit, riippumatta ohjelmistoista ja tieto-

kannoista. Tutkimuksen mukaan käyttöä edeltävät vaiheet eivät tuota kuin välillistä arvoa omistajille ja käyttäjille ennen kohteen valmistumista, joka korostaa projektin elinkaaren hallintaa BIM:in avulla.

Tutkimuksessa todetaan, että laatujohtaminen *Quality Management* (QM) on luonnollinen lähestymistapa haettaessa rakennusalan tietojenvaihdon yhdentymistä. QM:n tavoitteena varmistaa objektiivisesti projektissa toteutetun tietomallin mallin laatu, jolloin QM ja BIM:

- ovat rakentamisen hallinnan ja johtamisen väline, joka kattaa hankkeen koko elinkaaren
- takaavat menettelytavan, joka keskittyy dokumentointiin ja sisällyttää hankkeen tiedot ja panokset prosessi- ja tuotetietoon
- todentavat BIM mallin eheyden ja yhtenäisyyden
- valtuuttavat tuottamaan luovutukseen ja ylläpitoon liittyvät dokumentit

Rakentamisen laatujohtamiseen tarvitaankin tulevaisuudessa uudenlainen rakenne, joka kattaa laadun kontrollointi- ja varmistusprosessit esisuunnittelusta aina elinkaaren loppuun saakka integroituna BIM-ympäristöön. Tämän näkökulman etuja ovat tutkimuksen mukaan:

- projektin laadun parantaminen
- lisä- ja muutostöiden väheneminen
- elinkaaren aikaisten tuottojen kasvu
- käyttäjien tyytyväisyys ja tilan/infran parempi käytettävyys.

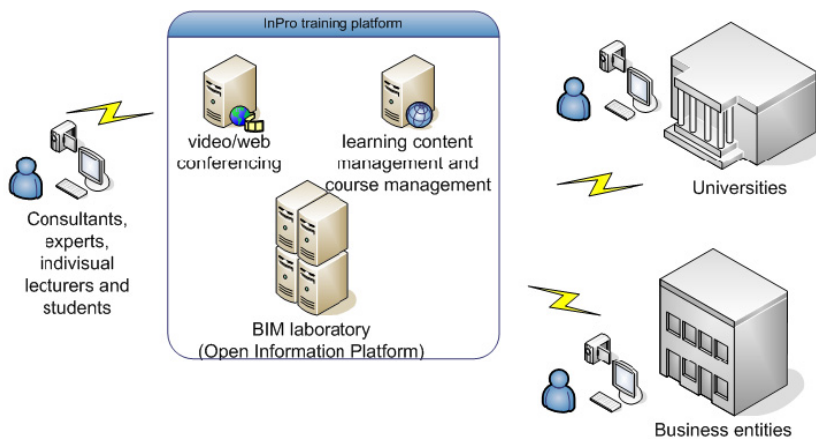
Tilan ja infran elinkaareen osallistuu lukuisa joukko eri toimijoita, jotka tarvitsevat informaatiota eri muodoissa ja erilaisiin tarpeisiin. Eräänä keskeisenä haasteena nähdäänkin, miten voidaan luoda oppimisympäristö, jossa kehitetään myös ihmisten oppimisprosesseja tietomallintamisen näkökulmasta. Tutkimuksen mukaan oppimisprosessit tukevat päätöksentekoa ja informaation hallintaa.

### 2.2.13. Learning About BIM in Early Design Using Inpro Training Environment

*Paper 121, (O,J), Nenad Čuš Babič, Danijel Rebolj*

Tutkimuksessa esitellään yleiseurooppalaisen InPro-tutkimuksen tuloksia. InPro:n tavoitteena on kehittää menetelmiä ja tekniikoita, jotka helpottavat alan siirtymistä tietomallipohjaiseen yhteistyöhön. InPro:ssa on edustettuna 19 alan yritystä kahdeksasta maasta. Hankkeessa kehitetään työkaluja sekä opetussuunnitelmia tukemaan tietomallipohjaista koulutustajaa se keskittyihankkeen varhaisiin suunnitteluprosesseihin. Varhaisessa suunnitteluvaiheessa tehtyjen päätösten arvioidaan vaikuttavan noin 70 prosenttiin hankkeen koko elinkaaren kustannuksista. Kustannusten määräytymisen lisäksi aikaisessa vaiheessa tehdyillä päätöksillä voidaan myös tuoda lisäarvoa projektin kaikille tärkeille sidosryhmille sekä parantaa koko alan tehokkuutta sekä edistää kestävä kehitystä.

Hankkeen konkreettisenä lopputuloksena on kehitetty E-oppimisympäristö (E-learningplatform), joka tukee koulutusta, opetusta ja yhteistyötä eri osapuolten välillä. Kyseinen virtuaalinen oppimisympäristö tukee oppimateriaalin valmistelua, tallentamista sekä jakelua. Lisäksi se sisältää itseopiskelumateriaalia, online-luentoja, monimuoto-opetusta ja se tukee opiskelijoiden arviointia.



**Kuva 9.** InPro-opetusala.

#### **2.2.14. On the use of Building Information Modeling in Infrastructure Bridges**

*Paper 135, (B,M), Mohamed Marzouk, Mohamed Hisham, Sabri Ismail, Mohamed Youssef, Omar Seif*

Tutkimus kuvaa ja analysoi vaatimuksia IDDS-menetelmän (*Integrated Design and Delivery Solutions*) käyttöönotolle Egyptin siltaprojekteissa. Egyptissä silloilla on erityisen merkittävä rooli, sillä 1500 kilometriä pitkä Niili jakaa maan käytännössä kolmeen osaan. Huolimatta siltojen tärkeästä roolista maan kuljetusverkostolle, siltojen rakentamisprosessit ovat epätydyttävällä tasolla. Siltojen suunnittelu- ja toimitustavat ovat Egyptissä hyvin monimutkaisia ja niihin on liittynyt ongelmia ja riitoja rakennushankkeiden osapuolten välille. Nämä ovat johtaneet siltaprojektien toimitusten viivästymiseen, siltojen heikkoon rakenteelliseen laatuun ja projektien kustannusten ylittymiseen. Näiden syiden johdosta siltaprojektien toteutukselle on haettu uutta lähestymistapaa. Tutkimuksen mukaan uusi lähestymistapa voidaan saavuttaa käyttämällä integroituja suunnittelu- ja toimitus ratkaisuja (IDDS), jotka kattavat integroidun projektin toimituksen (IPD) sekä rakennuksen tietomallintamisen (BIM).

Tutkimuksessa suunnittelu- ja rakentamistiedon integraatio on jaettu kolmeen luokkaan joita ovat: vertikaalinen integraatio, horisontaalisen integraatio ja ajallinen yhdentyminen. Vertikaalinen integraatio on tiedon ja tietämyksen jakamista hankkeen elinkaaren vaiheiden välillä. Horisontaalinen integraatio on tiedon ja tietämyksen jakamista eri osapuolten välillä tietyssä hankkeen vaiheessa. Ajallinen integraatio on tiedon ja tietämyksen jakamista eri projektien kesken. IDDS:n rooli on näiden kolmen luokituksen integroiminen keskenään. Perinteisen lähestymistavan mukaan toteutetuilla hankkeilla on havaittu ongelmia, joihin liittyy muun muassa tietojen siirtämiseen kuluva ajanhukka, osapuolten rajoitettu pääsy tietoihin eri toiminnallisten sidosryhmien alueilla ja tietojen vaikea yhteensovittaminen. Uuden kokonaisvaltaisen lähestymistavantoivotaan voittavan nämä perinteiset ongelma-alueet. IDDS-lähestymistavan muutokset ja vaatimukset on kuvattu alla viiteen alaryhmään:

- (1) *Toimitusmallin luominen* - Lähestymistavassa projektin osapuolet muodostavat yhden tiimin. Se eroaa perinteisestä ST -toteutusmuodosta sillä, että rakennuttaja/omistaja osallistuu koko tuotantoprosessiin jakaen projektin riskiä muiden osapuolten kanssa.

- (2) *Integroidun tiimin rakentaminen*—Tiimin tulee olla sitoutunut yhteistyöprosesseihin ja sen tulee kyetä toimimaan tehokkaasti yhdessä. Se koostuu kaikista hankkeen osapuolten edustajista ja voidaan jakaa myös pienempiin tiimeihin. Kaikki tiimeillä on yksi tavoite, joka on täyttää projektin aikataulun, budjetin ja laatuvaatimukset.
- (3) *Projektin osapuolten perinteisten roolien muutos*—Uudessa sopimuksessa määritellään osapuolten uudet roolit. Omistajien tulee määritellä selvästi hankkeen vaatimukset ja tavoitteet alusta lähtien, jakaa riskiä ja poistaa mahdolliset esteet läpi projektin kaikissa vaiheissa. Suunnittelijoille, on sama vanha rooli tietojen keruulle ja käsittelylle fyysisen ratkaisun luomiseksi ymmärrettävällä tavalla. Urakoitsijat jakavat kokemuksia suunnittelusta ja ovat apuna spesifikaatioiden määrittelyssä ja ovat vastuussa rakennustöistä määritetystä aikataulusta, sovitusta budjetista ja vaaditusta laatutasosta.
- (4) *Organisatoriset muutokset*—Suunnittelijat, urakoitsijat ja muut rakennusprojektin osapuolet tarvitsevat BIM-teknologian myötäuusia taitoja ja tietoja. Tämä edellyttää BIM-koulutusta oppilaitoksissa ja yliopistoissa sekä yritysten ylimmän johdon sitoutumista työntekijöiden koulutukseen. BIM:in edut, kuten tehostunut viestintä ja tiedon jakaminen osapuolten välillä, tulisi saattaa kaikkien keskeisten toimijoiden tietoon.
- (5) *BIM:n käyttöönotto*—BIM:in käyttöönotolla arvioidaan olevan merkittäviä hyötyjä projektin keskeisten tavoitteiden saavuttamiselle. BIM:in onnistunut käyttöönotto vaatii yksityiskohdaisen ja kattavan toteutussuunnitelman (BIM Execution Plan), johon on dokumentoitu keskeisten osapuolten vastuut osana työnkulkua. BIM suunnitelman suunnitteluryhmä on koottavahankkeen alkuvaiheessa ja siihen on osallistettava kaikki keskeiset osapuolet.

Taulukossa 5 on esitetty tavoitteita ja niitä vastaavia potentiaalisia BIM käyttökohteita tavoitteiden saavuttamiseksi.



**Taulukko 5.** Tunnistettuja tavoitteita ja BIM:in käyttökohteita Egyptin siltakohteissa.

Goal description	Potential BIM uses
Obtaining existing location information	Existing conditions modeling
Decrease the design time and make different design alternatives easily	Structural analysis
Increase effectiveness of Design	Design Authoring, 3D Coordination
Coordinate the bridge with the existing roads and conditions	3D Coordination
Obtaining accurate and quick cost estimation for bridge components	Cost Estimation
Increasing constructability and safety awareness	Construction system design
Identifying schedule and sequencing and increase productivity	4D Modeling
Maximize fabrication productivity and minimize tolerances	Digital fabrication
Identifying space conflicts, and planning the delivery of materials and the temporary facilities	Site utilization planning
Decrease site errors and increase communication between staff	3D Control and Planning
Increase the efficiency of the future activities related to the bridge	Record Model
Plan maintenance activities and evaluate different maintenance approaches	Maintenance scheduling, Record Model

### **3. Kontribuutioinfra-alan T&K –toiminnalle ja mallipohjaisille hankinnoille**

Tämän selvityksen tarkoituksena on kuvata tämänhetkistä rakennusalan tietomallintamisen kansainvälistä tutkimusta käyttäen hyväksi CIBW78-seminaariaineistoa. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että infra-alaan ja BIM:iin keskittynyttä tutkimusta on selkeästi vähemmän mitä talonrakentamiseen keskittynyttä tutkimusta. Tämän lisäsitutkimuksessa havaittiin, että artikkelit käsittelevät mallipohjaisia hankintoja varsin löyhästi ja tutkimus on kansainvälisesti tästä osin vielä alkutekijöissään.

Artikkeleiden kontribuutiota T&K –toimintaan ja hankintamenetelmiin arvioidaan seuraavissa luvuissa neljän osakokonaisuuden näkökulmasta: (3.1) BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit, (3.2) opetus ja koulutus, (3.3) johtaminen ja hankinnat sekä (3.4) mallintaminen ja suunnittelu.

#### **3.1. BIM strategiat, käyttöönotto ja standardit**

Selvityksessä käytetyistä artikkeleista käy hyvin ilmi, että BIM:in käyttöönotto merkitsee kansallisella tasolla laajapohjaista sitoutumista, joka edellyttää monenlaisia muutostekijöitä, kuten esimerkiksi uusien tietojen ja taitojen omaksumista, koulutusta oppilaitoksissa ja yrityksissä sekä uudenlaista projektikulttuuria. BIM:in käyttöön liittyvä avoimuus edellyttää koko rakennus- ja kiinteistöklusterilta asenteiden ja kulttuurin muutosta sekä ”pois oppimista” vastakainasetteluun perustuvista toimintatavoista.

Suomessa infra-alan yhteinen yhteistyöjärjestö voi tukea BIM:in käyttöönottoa tarjoamalla foorumin eri tahojen kokemusten jakamiselle rakennusten tietomallintamisesta. Tämä vaatii selkeiden hyötyjen osoittamista osallistuville yrityksille ja yhteisöille<sup>9</sup>. Mallia voi ottaa esimerkiksi Rakentamisen Laatu RALA ry:n projektipalautejärjestelmä Propal:sta, joka mahdollistaa kansallisen tason rakentamisen laatutasoa kuvaavan benchmarkin. Lisäksi Propal tarjoaa alan

---

<sup>9</sup> Aihetta on käsitelty tarkemmin luvussa 3.4.2.

yrietyksille vertailutietoa omien prosessien ja hankkeen aikaisen yhteistyön kehittämiseksi<sup>10</sup>. Tietomallintamisen käytön ja käyttöönoton benchmark edellyttää ylimmän johdon sitoutumista, ruohonjuuritason koulutusta, tukea ja systemaattista evaluointia. Benchmark-kriteeristöä ja mittareita luotaessa mallia voidaan ottaa, esimerkiksi Alarcón et al. (2010) luomasta viitekehuksesta<sup>11</sup>.

Artikkelissa 135 kuvattu tietomallintamisen hyödyntämissuunnitelma (BIM ExecutionPlan) voi edesauttaa projektitasolla BIM:in käytettävyyttä ja käyttöönottoa, koska se kattaa osapuolten tietomallintamiseen liittyvät roolit ja vastuut eri työvaiheissa. Hyödyntämissuunnitelman edistystä seuraamalla projektin aikana voidaan saada aikaan maksimaalinen hyöty BIM:in käyttöönotosta. Se myös edistää osapuolten oppimista ja tukee projektinaikaista yhteistyötä.

### **3.2. Opetus ja koulutus**

Konferenssin tietomallintamista koskevasta aineistosta noin viidennes sivusi tai käsitteli opettamista ja kouluttamista. Aihetta käsittelevien artikkeleiden määrä on suuri verrattuna muihin rakennusalan konferensseihin. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, jonka mukaan mallintamisen oppiminen ja uusien toimintatapoja jalkauttaminen vaatii opettamisen ja kouluttamisen kehittämistä.

Tutkimuksissa (Bariso & Santos 2010) on havaittu, että BIM-työkalujen onnistunut opetus vaatii käytännön osaajien kontribuutiota. Tämä vaatii opetukselta ja koulutukselta systemaattisuutta, suunnitelmallisuutta ja koko infra-alan yhteistyötä. Käytännössä yhteistyö tarkoittaa infra-alan osallistumista opetuksen ja koulutuksen suunnitteluun sekä ohjaamiseen ja asiantuntijaluentojen pitämiseen.

Koulutuksessa tulee hyödyntää uutta teknologiaa, kuten esimerkiksi virtuaalisia oppimisympäristöjä. Virtuaalisilla oppimisympäristöillä pystytään tukemaan uuden toimintatavan omaksumista, jossa tapaamiset ja kommunikoinnit eivät ole sidottuja aikaan ja paikkaan. Toimintatapa

---

<sup>10</sup> Kärnä & Junnonen (2007) Rakentamisen palautesystematiikan kehittäminen. Saatavilla internetistä: [http://bes.tkk.fi/en/publications-002/papers/paper\\_71/](http://bes.tkk.fi/en/publications-002/papers/paper_71/)

<sup>11</sup> Designing a Benchmarking Platform to Select VDC/BIM Implementation Strategies. Paper 29.

tukee hyvin mallipohjaista projektinhallintaa ja laajentaa mallipohjaisen projektinhallinnan hyötyjä. Koska tietomallintaminen on myös vahvasti eri osapuolten yhteistyöhön liittyvä työkalu, opetustiimeissä tulisi olla mukana projektikoalition keskeiset osapuolet.

### **3.3. Johtaminen ja hankinnat**

Tietomallintamisen keskeinen tavoite on yhteistyön ja tiedonkulun parantaminen rakennushankkeen eri osapuolten välillä, jota on perinteisesti pidetty myös rakentamisen laatua heikentävänä osatekijänä (vrt. Egan 1998; Pekkanen 2005). Esimerkiksi Pekkanen (2005) on esittänyt yhteistyömenettelyiden ja tiedonkulun kehittämisen olevan keskeinen painopistealue rakentamisen asiakaslähtöisessä kehittämisessä. Kehittämisen tavoitteena tulee olla tilaajan ja käyttäjän odotusten välittymisen varmistaminen sekä hankkeen osapuolten välisen luottamuksen vahvistaminen.

Rakennushankkeen asiakkuuteen ja samalla laatuun liittyvät ongelmat tiedon kulun osalta liittyvät hankkeen kompleksiseen ja verkostomaiseen rakenteeseen. Informaation tulisi kulkea muuttumattomana läpi osapuolten välisen arvoketjun. Vuorovaikutus tapahtuu osapuolten välillä useilla eri tasoilla ja peräkkäisinä ketjuina yhtäaikaaisesti. Tällöin jokaisen osapuolen paanos lopputuotteen laadun ja loppukäyttäjän kannalta on tärkeää.

Rakennushankkeen laadun tuottamisen ongelmia ovat muun muassa seuraavat tekijät, joista lähes kaikki liittyvät jollain tavalla yhteistyöhön osapuolten välille (Kärnä 2009):

- rakennusprojektin kompleksinen luonne, muutokset projektiorganisaatiossa, projektin uniikkisuus, projektin pitkäaikaisuus
- projektin osapuolten erilaiset tavoitteet
- osapuolten suuri määrä ja vastakkainasetteluun perustuvat toimintatavat
- perinteiset kovat mittarit eivät enää vastaa nykyajan vaatimuksia (aikataulu, laatu, kustannukset) ja niiden rinnalle tulee kehittää pehmeämpiä esimerkiksi tyytyväisyyteen liittyviä mittareita
- osapuolten välisen toiminnan voimakas keskinäinen riippuvuus, jolloin huonot suoritukset kumuloituvat.

Rakennuksen tietomallintamista koskeva keskustelu on koskenut suurelta osin rakentamisen tuotannon ja suunnittelun integrointia, joka muodostaakin tietomallintamisen ytimen. Tämän selvityksen artikkeleissa korostetaan kuitenkin myös edellistä holistisempaa näkökulmaa, jossa huomio kiinnitetään rakennuksen ja infran koko elinkaareen. Holistisempaa näkökulmaa kuvaa hyvin Laiserin (2007) määritelmä tietomallintamisesta, joka eroaa tältä osin esimerkiksi teknologiaa korostavista määritelmistä<sup>12</sup>. Laiserin mukaan *”BIM on esitysprosessi, joka luo ja ylläpitää moniulotteisia ja tietorikkaita näkymiä läpi hankkeen elinkaaren tukien vuorovaikutusta, yhteistyötä, simulaatiota ja optimointia.”*Tässä määrittelyssä BIM:in suurin vahvuus ja arvo tulevat sen monipuolisista ominaisuuksista luoda arvoa sen käyttäjille ja koko toimitusketjulle infran ja rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa.

### **3.4. Mallintaminen ja suunnittelu**

#### **3.4.1. Riskien hallinta ja jakaminen hankkeessa**

Riskien hallinta ja jakaminen hankkeiden osapuolten välillä on haasteellinen tehtävä, jota on pyritty hallitsemaan lähinnä hankintamalleilla ja sopimustekniikalla. Riskien hallintaan on olemassa työkaluja, joista yksi on *Multi-Party Contracting Risk Management* (MPCRM). MPCRM-mallin yhteensovittamista tietomallintamiseen on selvitetty Pishdad & Beliveau:n (2010) tekemässä tutkimuksessa. Tutkimuksen lopputuloksena esitetään, että MPCRM on liitettävissä BIM:iin ja se kehittää hankkeen riskinhallintaa.

Pishdad & Beliveau (2010) nostavat esille riskien hallinnan olemuksen, jonka mukaan hankkeen riskien hallinnassa on pyrittävä riskien jakamiseen sen sijaan että niitä allokoitaisiin. Käytännössä tämä tarkoittaa aikaisessa vaiheessa tapahtuvaa hankkeen riskitarkastelua ja hankkeen osapuolten välistä riskikeskustelua.

---

<sup>12</sup> Esimerkiksi The Associated General Contractors of America (AGC) määrittelyssä korostuu prosessin sijaan BIM:n liittyvä teknologia

Viitaten edellä mainittuun tutkimukseen (Pishdad & Beliveau, 2010) tulevissa tutkimuksissa ja kehityshankkeissa on syytä tarkastella MPCRM-mallin ja sen periaatteiden kytkemistä osaksi infra-alan mallintamista ja hankintamenetelmiä, sillä MPCRM-mallin avulla voidaan:

- laajentaa mallintamisesta saatavaa hyötyä
- liittää hankkeen osapuolet aikaisemmassa vaiheessa toisiinsa
- saavuttaa tukikehys päätöksen tekemiselle
- aikaan saada yhteinen informaatioalusta riskien hallinnan strategialle.

### **3.4.2. Mallintamisen hyödyn osoittaminen**

Mallintamisen hyötyjä on selvitetty tutkimuksessa (Suermann & Issa 2010), jossa vertailtiin kahden samanmoisen rakennuksen rakentamiskustannuksia ja laatua. Toinen rakennuksista rakennettiin hyödyntäen mallintamista ja toinen perinteisesti käyttäen 2D-piirustuksia. Tutkimuksessa päädyttiin selkeään lopputulokseen, jonka mukaan mallintamisesta on hyötyä.

Mallintamisen hyötyjen osoittaminen infra-alalla ei ole niin selkeää kuin talonrakentamisessa. Infrahankkeet ovat pitkäkestoisia ja ainutkertaisia, jonka vuoksi hankkeiden vertailuun perustuvat analyysit ovat haasteellisia. Hyötyjen osoittamisessa voidaan käyttää menetelmää, jossa hankkeiden suoranaisen vertaamisen sijasta analysoidaan pienempiä asiakokonaisuuksia, kuten esimerkiksi työvaiheita, rakenneosia ja projektinhallinnan osa-alueita. Pienien asiakokonaisuuksien analysointi edesauttaa myös tunnistamaan mallintamiseen liittyviä tekijöitä, joilla ei saavuteta hyötyjä perinteisiin menetelmiin verrattuna.

Mallintamisen hyötyjen (ja haittojen) tunnistamisella ja analysoinnilla edesautetaan tutkimus- ja kehitystyötä sekä myötävaikutetaan uuden toimintatavan käyttöönottoon. Analyysien perusteella tutkimus- ja kehitystyötä pystytään ohjaamaan aihealueille, jotka vaativat jatkotarkasteluja tai joista on odotettavissa merkittävää hyötyä infra-alalle. Tämän lisäksi analyysien avulla pystytään aikaansaamaan avoin ja läpinäkyvä keskustelu infra-alan paradigmanmuutokseen, joka tähtää mallipohjaisten menetelmien ja toimintatapojen käyttöönottamiseen.

### **3.4.3. Malli ja kustannusarviointi ja -hallinta**

Useissa tutkimuksissa tehtyjen havaintojen mukaan (mm. Flyvberg et al. 2003; Manninen 2009) infrahankkeiden kustannusarviointi ja -hallinta on epätydyttävällä tasolla. Kustannushallinnan ja mallintamisen välistä rajapintaa on tutkittua niin kansallisella (Manninen 2009) kuin kansaväliselläkin tasolla. Kiinassa tehdyn tutkimukseen (Ma et al. 2010) mukaan, kustannushallinnan näkökulmasta mallin pitää:

- pystyä tuottamaan kustannushallinnan ja -arvioinnin kannalta määrämuotoista tietoa
- olemaan interaktiivinen kustannusarvioinnin ja suunnittelun välillä
- linkittämään suunnitellut osat empiiriseen kustannustietoon
- olla kykenevä jäljittämään muutokset niin suunnitelmien kuin kustannustenkin osalta
- tuottamaan määrämuotoista ja vertailukelpoista kustannustietoa päätöksen teon tueksi.

Ma et al. (2010) tekemät johtopäätökset ovat yhteneväiset Mannisen (2009) aikaisemmin tehtyihin havaintoihin. Analysoitaessa ko. tutkimuksia, voidaan todeta että Suomessa on tehty jo kehitys- ja tutkimustyötä mallipohjaisen kustannushallinnan edistämiseksi. Tehdyn analyysin tulokset on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** Mallipohjaiselle kustannushallinnalle esitetyt vaatimukset ja ratkaisut.

<b>Vaatimukset (Ma et al. 2010)</b>	<b>Mallipohjaiset ratkaisut (Manninen 2009)</b>
Mallin pitää pystyä tuottamaan määrämuotoista tietoa	Malli tuottaa hanke- ja rakennusosiin perustuvaa tietoa kustannusarviointiin sekä leikkaus-, täyttö ja pengermassoihin perustuvaa tietoa massataloussuunnitteluun
Mallin osien ja kustannustietouden välisen rajapinnan pitää olla interaktiivinen	Rajapinta voi perustua joko prosessiin ja/tai automaatioon. Prosessipohjaisessa lähestymistavassa kustannushallinta etenee ennalta sovittujen sääntöjen mukaisesti (hankeohjelm-pohjainen kustannushallinta). Automaatiopohjaisessa lähestymistavassa kustannustietous linkittyy suoraan mallissa oleviin hanke- ja rakennusosiin.
Mallin pitää linkittyä empiiriseen aineistoon	Malli linkittyy empiiriseen kustannustietoaineistoon, kuten esim. HoLa-aineistoon
Mallin pitää sisältää historiatietoa suunnittelun ja kustannusten osalta	Mallin hallinta perustuu täydentämiseen ja päivittämiseen, jolloin mallissa oleva tieto on luonteeltaan kumulatiivista. Tietoa ei poisteta missään vaiheessa mallista.
Mallin pitää pystyä tuottamaan määrämuotoista ja vertailukelpoista kustannustietoa	Malli tuottaa vertailukelpoista empiiriseen kustannustietouteen perustuvaa hanke- ja rakennusosatie-toa

#### **3.4.4. Hankkeen mallipohjainen yleisaikataulu hankintamenetelmien näkökulmasta**

Yleisaikataululla ja hankkeen kokonaiskestolla on merkittävä rooli infra-hankkeen kustannusten muodostumisen kannalta, koska yli puolet infrahankkeen kustannuksista ovat aikasidon-naisia. Näin ollen on perusteltua, että myös aikatauluun liittyvät tekijät saavat oman huomion-sa mallipohjaisten hankintamenetelmien kehitystyössä.

Hankintoihin liittyy lähes poikkeuksetta hankkeen toteuttajan esittämä alustava yleisaikataulu, joka pohjautuu aikataulun laatijan henkilökohtaisiin kokemuksiin ja intuitioihin. Henkilöityneen aikataulun ja mallipohjaisen prosessin välistä relaatiota on selvitetty kiinteistösektorille tehdyssä tutkimuksessa (Büchmann-Slorup & Andersson 2010). Tutkimuksen mukaan perinteinen henkilöitynyt yleisaikataulu rajoittaa aikataulun tarkkuutta, vaikeuttaa tiedon systemaattista jakamista ja estää aikataulun kehittymisen. Lisäksi henkilöitynyt aikataulu aiheuttaa kuilun



suunnittelun ja toteuttamisen prosessien välille, josta johtuen prosessit ovat toisistaan erillään ja synkronoimattomia. Yleisaikataulun laatiminen teknisistä piirustuksista ja selostuksista on haasteellista, koska teknisten asiakirjojen päätarkoitus ei ole hankkeen aikatauluttaminen vaan lopputuotteen kuvaaminen.

Mallipohjainen aikatauluttaminen ei ratkaise nykyisiä henkilöityneeseen aikatauluttamiseen liittyviä haasteita ja ongelmia ilman uusia prosesseja, työmenetelmiä ja normeja. Tämän lisäksi, onnistunut ja todellisuutta kuvaava mallipohjainen aikataulu ei synny pelkästään tilaajan, toteuttajan ja suunnittelijan välisessä vuorovaikutussuhteesta. Mallipohjaisesta aikataulun laatimisesta saadaan suurin mahdollinen hyöty, kun myös alurakoitsijat ja materiaalitoimittajat liitetään aikataulun laatimiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. (Büchmann-Slorup & Andersson 2010)

Mallipohjainen aikataulu muodostaa keskitetyn toiminta-alustan hankkeen koordinoimiselle ja tiedon välittämiseksi. Tiedonhallinnan kannalta keskitetyssä tietoverkossa tieto kasautuu yhteen pisteeseen ja voi aiheuttaa etenkin henkilötasolla informaation ylikuormituksen. Keskitetty tietorakenne asettaa siten vaatimuksen toimintavoille, jotta vältetään kyseinen aikataulusta vastaavan henkilön ylikuormitus. (Büchmann-Slorup & Andersson 2010; Emmet & Gorse 2003)

Mallipohjaista aikataulua pystytään hyödyntämään tulevaisuuden hankkeissa referenssiaineistona. On itsestään selvää, että referenssiaikataulu ei ole sellaisenaan hyödyntämiskelpoinen hankkeesta toiseen. Referenssiaikataulu vaatii kriittisen tarkastelun ja hankekohtaisen soveltamisen (Büchmann-Slorup & Andersson, 2010).

Büchmann-Slorup & Andersson (2010) mukaan mallipohjaisen aikatauluttamisen käyttöön ottaminen vaatii, että hankkeen aikatauluvastaava, alurakoitsija ja materiaalitoimittaja pystyvät ottamaan mallista tiedon vaivattomasti ja suodattamaan siitä pois tarpeettomat asiat. Suodattamisen jälkeen tiedon käyttäjällä pitää olla käytössään helpotajuinen ja käyttökelpoinen tieto aikataulun käsittelyyn, muokkaamiseen ja laatimiseen.

Edellä esitetty mallipohjainen aikatauluttaminen tukee TUKEFIN-konseptin tuottavuustarkastelun mukaista hankkeen toimitusketjua, jonka tavoitteena on innovatiivisuus, nopeus ja kustannustehokkuus (RIL 256, 2010). Mallipohjainen aikatauluttaminen on tuottavuuden näkö-

kulmasta keskitetty toiminta-alusta, jossa koko toimitusketju pystyy osallistumaan ja vaikuttamaan yleisaikataulun sisältöön.

Näin ollen, mallintamisen ja hankintamenetelmien kehittämistyössä on otettava huomioon, että:

- koko toimitusketju pystyy osallistumaan ja vaikuttamaan hankkeen yleisaikatauluun
- koko toimitusketju hyötyy aikataulusäästöistä kannustimien muodossa
- aikataulusta vastaava henkilö ei ylikuormitu keskitetyssä tiedonhallintajärjestelmässä
- aikataulutieto pystytään tallentamaan referenssiaineistoksi<sup>13</sup>
- inframallista pystytään tunnistamaan aikatauluttamisen kannalta oleelliset asiat
- toimijat pystyvät suodatamaan vaivattomasti inframallista pois aikatauluttamisen kannalta epäoleelliset asiat
- toteuttaja liittää alaurakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien tieto-aidon systemaattisesti tietomallipohjaiseen aikataulusuunnitteluun.

---

<sup>13</sup> Pelkkä laadittu aikataulu ei ole riittävä referenssiaineisto. Aikatauluun on pyrittävä liittämään mallintamisesta saatavaa ”älykkyyttä”, jolloin mahdollistetaan aikataulun innovaatioiden ja oivallusten kumuloituminen.

## **4. Yhteenveto ja johtopäätökset**

### **4.1. Aineiston kattavuus**

Konfrenssein aineiston aihealueet käsittelivät BIM:iä useasta näkökulmasta. Aineisto keskittyi käsittelemään selkeästi talonrakentamista ja sen tietomallintamista lukuun ottamatta yhtä artikkelia, joka käsitteli siltojen tietomallintamista. Tältä osin voidaan aineistosta vetää johtopäätös, jonka mukaan infrarakentamisen tietomallintamiseen keskittynyt tieteellinen tutkimustyö tarvitsee panostusta niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla.

CIB W78 ei käsitellyt suoranaisesti mallipohjaisia hankintoja. Vain yksi paperi otti kantaa suoraan hankintoihin pohtimalla siirtymistä e-hankinnoista BIM-pohjaisiin hankintoihin (Grilo & Jardim-Goncalves 2010). Kyseisen paperin tulokset eivät ole kuitenkaan sellaisenaan relevantteja käynnissä olevan mallipohjaisten hankintamenetelmien kehitystyön kannalta.

### **4.2. Toimintasuositukset**

Aineiston perusteella voidaan todeta, että mallipohjaisiin hankintamenetelmiin liittyy selkeä tutkimuksellinen aukko. Mallipohjaiset toimintatavat, prosessit ja menetelmät tulevat todennäköisesti vaatimaan merkittäviä muutoksia nykyisiin hankintamenetelmiin ja niihin liittyviin yksityiskohtiin. Muun muassa hankkeen osapuolten roolit ja tehtävät voivat muuttua oleellisesti. Mallipohjaiset hankinnat vaativat näin ollen laajapohjaista tutkimus- ja kehitystyötä niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla.

Mallintamista koskevan tutkimus- ja kehitystyön pitää kattaa koko infran elinkaari. Pelkkään suunnittelun ja rakentamisen integraatioon tähtäävällä tutkimus- ja kehitystyöllä ei saavuteta holistista elinkaaren kattavaa näkökulmaa, jonka merkitys infran tilaajalle ja omistajalle sekä loppukäyttäjälle on suuri.

Mallipohjaiset menetelmät, toimintatavat ja työkalut tuovat mukanaan infra-toimialalle merkittävän muutoksen. Teknologisten kysymysten rinnalla on syytä tarkastella usealla eri tasolla toimialan muutoksen johtamista ja henkilöstön kehittämistä. Tutkimus- ja kehitystyössä saavu-

tettävien teknologisten ratkaisujen merkitys jää vaillinaiseksi, mikäli toimiala ei ole sitoutunut mallintamisen käyttöönottoon tai henkilöstöllä ei ole riittävää tieto-taitoa mallipohjaisista järjestelmistä, työkaluista, menettelytavoista, mahdollisuuksista ja prosesseista.

Useissa analysoiduissa artikkeleissa käsiteltiin tai sivuttiin osapuolten välistä yhteistyötä sen merkitystä. Aikaisemman tutkimuksen (Olsson & Espling 2004) mukaan hankkeen osapuolten välisellä yhteistyöllä ja yhteistoimintamalleilla (partnering) pystytään parantamaan tuottavuutta ja taloudellista tulosta sekä vähentämään hankkeeseen liittyä erimielisyyksiä. Tämän tutkimuksen tuloksena syntyi hypoteesi, jonka mukaan yhteistoimintaan perustuvalla hankintamenetelmän (vrt. allianssi) ja mallintamisen yhdistämisellä pystytään saavuttamaan merkittäviä edistysaskelia infra-alalle.

Tämän tutkimuksen ja CIB W78 aineiston pohjalta voidaan antaa tutkimus- ja kehitystyön yksityiskohtaiset toimentasuositukset, joiden mukaan:

- infra-alan pitää pystyä hallitsemaan ja aikaansaamaan kulttuurimuutos, jossa siirrytään vastakkainasettelusta perustuvasta asetelmasta yhteistyöasetelmaan
- mallintamisen liittyvät hyödyt ja haitat on tunnistettava, analysoitava ja esitettävä avoimesti toimialalle
- projektitasolla pitää laatia mallintamisen käyttöönoton hyödyntämissuunnitelma
- mallipohjaisten työkalujen ja menetelmien onnistunut opetus ja koulutusvaatii käytännön osaajien kontribuutiota
- BIM opetuksessa ja koulutuksessa tulee hyödyntää uutta teknologiaa, kuten esimerkiksi virtuaalisia oppimisympäristöjä
- BIM opetuksessa ja koulutuksessa tulee huomioida projektin kaikkien osapuolten tietotarpeet ja pyrkiä integroimaan osapuolet yhteisiin koulutustapahtumiin
- mallintamiseen ja malleihin liittyvän T&K-toiminnan pitää kattaa koko hankkeen elinkaari
- T&K-hankkeissa on perusteltua tarkastella riskienhallintamenetelmien (kuten esim. MPCRM–menetelmän)kytkemistä osaksi infra-alan mallintamista
- Suomessa aikaisemmin aloitettua infrahankkeiden mallipohjaisen kustannushallinnan tutkimus- ja kehitystyötä on jatkettava
- mallipohjainen yleisaikataulu vaatii koko toimitusketjun osallistamista

- BIM pohjainen laatujohtaminen vaatii uuden rakenteen ja toimintamallin
- infra-alalle tulisi muodostaa osapuolia edustava yhteinen foorumi tukemaan BIM:n käyttöönottoa
- yhteistoimintamallien ja mallintamisen yhteensovittamisella voidaan aikaansaada merkittävä edistysaskel infra-alalle.

## Lähdeluettelo

- Alarcón, L.F., Mourgues, C., O’Ryan, C., Fischer, M. (2010) Designing a Benchmarking Platform to Select VDC/BIM Implementation Strategies. Paper 29. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Aram, S., Eastman, C., Sacks, R., Panushev, I. (2010) Introducing a New Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects. Paper 49. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Babič, N.Č., Rebolj, D. (2010) Learning About BIM in Early Design Using Inpro Training Environment. Paper 121. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Barison, M., Santos, E.T. (2010) Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. Paper 83. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Beetz, J., Berlo, L., Laat, R., Helm, P. (2010) BIMSERVER.Org – An Open Source IFC Model Server. Paper 51. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Büchmann-Slorup R., Andersson, N. (2010) BIM –based scheduling of construction - A comparative analysis of prevailing and BIM –based scheduling processes. Paper 113. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Egan, J. (1998) Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force to the Deputy Prime Minister, Department of the Environment, Transport and the Regions, Norwich.
- Emmitt, S., Gorse, C. (2003) Construction Communication. United Kingdom. Blackwell Publishing Ltd. 212 s. ISBN 1-4051-0002-8.
- Flyvberg, B. Skamris Holm, M. Buhl, S. (2003) How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? Transport Reviews, vol. 23, No. 1, 71-78. 17 s. ISSN 1464-5327.
- Grilo, A., Jardim-Goncalves, R. (2010) Changing E-Procurement in the AEC Sector with BIM. Paper 78. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Katranuschkov, P., Weise, M., Windisch, R., Fuchs, S., Scherer, R.J. (2010) BIM-Based Generation of Multi-Model Views. Paper 114. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Kärnä, S. (2009) Concepts and Attributes of Customer Satisfaction in Construction. Helsinki University of Technology. Espoo. ISBN 978-952-248-132-0.
- Laiserin, J. (2007) "To BIMfinity and Beyond!" Cadalyst, 24(11), 46-48.
- Ma, Z., Zhang, X., Wu, S., Wei, Z., Lou, Z. (2010) Framework Design for BIM-Based Construction Cost Estimating Software. Paper 59. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.

- Manninen, A-P. (2009) Väylähankkeen esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta (The Cost Management of Road and Railroad Projects in Preliminary Designing Phase). Helsinki University of Technology. Espoo. ISBN 978-951-22-9969-0.
- Marzouk, M., Hisham, M. Ismail, S. Youssef, M. Seif, O. (2010) On the Use of Building Information Modeling in Infrastructure Bridges. Paper 135.CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- RIL 256 (2010) Julkisten hankintojen kehittämismalli – tuottavuuden parantaminen TUKEFIN – menetelmällä. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. ISBN 978-951-758-518-7.
- Olsson, U. & Espling, U. (2004) Part I. A framework of partnering for infrastructure maintenance. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 10(4), 234-247.
- Panushev, I., Eastman, C., Sacks, R., Venugopal, M., Aram, V. (2010) Development Of The National BIM Standard (NBIMS) For Precast/Prestressed Concrete. Paper 18.CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Pekkanen, J. (2005) Threats and Opportunities with Customer Relationships in Construction Projects. Dissertation - Helsinki University of Technology Construction Economics and Management - A Research Reports 5. In Finnish.
- Pishdad, P.B., Beliveau Y.J. (2010) Integrating Multi-Party Contracting Risk Management (MPCRM) Model With Building Information Modeling (BIM). Paper 44.CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Suermann, P., Issa Raja. R.A. (2010) United States Air Force Milcon Transformation: Building Information Modeling Case Studies. Paper 46.CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.
- Thomas, M. (2010) Achieving BIM and CIM Implementation Through Quality Management. CIB W78. 27th International Conference 16-18 November 2010. Cairo. Egypt.

## LIITE 1: Hyödyllisiä linkkejä

---

Model View Definition (MVD):

<http://www.blis-project.org/IAI-MVD/>

National BIM Standards (1st version):

[http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/National%20BIM%20Standard%20\(NBIM\)/intro\\_bim\\_v1.pdf](http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/National%20BIM%20Standard%20(NBIM)/intro_bim_v1.pdf)

Precast BIM Standard:

<http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/index.asp>

Buildingsmart:

<http://www.buildingsmartalliance.org/>

American Institute of Architects, IPD Guide:

<http://www.aia.org/contractdocs/index.htm>

Office of Government Commerce, Achieving Excellence in Construction Procurement Guide, Vol. 5, at p. 6 (2007):

[www.ogc.gov.uk](http://www.ogc.gov.uk)

Information Delivery Manuals :

<http://iug.buildingsmart.com/idms>





ISBN 978-952-60-4280-0 (pdf)  
ISBN 978-952-60-4279-4  
ISSN-L 1799-487X  
ISSN 1799-4888 (pdf)  
ISSN 1799-487X

**Aalto-yliopisto**  
**Insinööritieteiden korkeakoulu**  
**Rakennustekniikan laitos**  
**[www.aalto.fi](http://www.aalto.fi)**

**KAUPPA +  
TALOUS**

**TAIDE +  
MUOTOILU +  
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +  
TEKNOLOGIA**

**CROSSOVER**

**VÄITÖSKIRJAT**